

У ДК 621.182-693.1

Ісаєв С. Д.

ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ:
НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

Розглянуто існуючі технології одержання енергії: баланс, який склався, вичерпність джерел добування енергії, небезпека забруднення довкілля. Обговорено перспективи вдосконалення існуючих методів і потенціал використання нових способів масштабного забезпечення енергією людства і України зокрема. Проаналізовано можливості використання відновних джерел енергії і прогнозовано збалансований розвиток енергетики на найближчі десятиліття.

Життя - це передусім енергія, і історія розвитку нашої цивілізації - це історія оволодіння технологіями одержання енергії. Первісна людина почала з використання відновних джерел енергії. Спочатку це була енергія спалення (дров та іншої целюлозовмісної органіки) та мала енергетика млинів і вітряків. Але технічна революція стала можливою лише за умови переходу до невідновних джерел, на першому етапі - вугілля, на другому етапі - нафти і газу. Критичним моментом для енергетичної галузі стала війна. З одного боку, вона виявила обмеженість ресурсів нафти і газу, а з другого - примусила зосередити величезні ресурси на розвитку атомного технологічного комплексу і побудувати атомні реактори з метою одержання плутонію. Залишалось лише пристосувати ці та подібні реактори для виробництва електроенергії. Активний спурт із використанням атомної енергії як потужної складової енергетичного комплексу відбувся як наслідок розвитку атомно-військового комплексу. Поступове збільшення частки «атомної» електроенергії тривало до аварії на Чорнобильській АЕС. У цей час частка вугілля поступово зменшувалась. Такому зменшенню сприяли як абсолютне, так і відносне подорожчання вугілля у порівнянні з нафтою і газом, а також тиск «зелених», спричинений великим забрудненням довкілля через роботу електростанцій, що спалюють вугілля. Громадський тиск поступово трансформувався у відповідні закони, які обмежували викиди і таким чином здорожували енергію, вироблену з вугілля, особливо доступного, низькоякісного. Альтернативою вугіллю найчастіше ставало «найекологічніше» викопне паливо - природний газ. Поступово склався розподіл джерел використання енергії, представлений на рис. 1 [1]. Лише у Східній Європі при збереженні потужностей електростанцій з 1995 по 1999 р. обсяги виробленої електроенергії знизилися на 4 % [2].

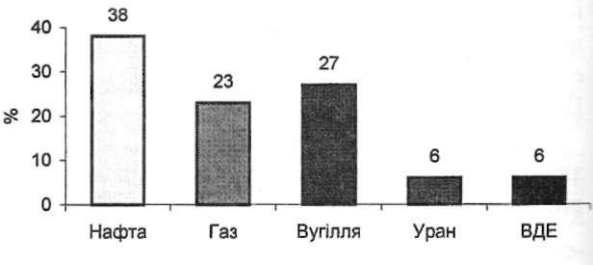


Рис. 1. Розподіл джерел використання енергії (ВДЕ - відновні джерела енергії)

У світі в цілому до 2010 р. прогнозується щорічне збільшення споживання електроенергії на 2 %, у тому числі по країнах Організації економічного співробітництва і розвитку - на 1-1,8 %, у Східній Європі - 0,5-1,5 %, у Китаї - 3,6 %, в інших країнах - на 3,5 % [1, 3]. Для світу це буде означати збільшення потреби у вугіллі з 2205 млн у 1995 році до 3775 млн тонн нафтового еквівалента (т н. е.) у 2020 р., тобто на 2,2 % щороку, відповідно для газу і нафти - на 2,6 % і 1,9 % [3].

Прогнозувати ресурси викопного палива доволі складно через те, що занадто непевні передбачення щодо темпів розвідки і збільшення витрат енергії. Якщо взяти за основу дані Е. П. Веліхова про обсяги вугілля, нафти і газу, які є розвіданими [4] (табл. 1), і прогнозовані витрати на 2020 р. [1-3], то запасів газу мало б вистачити на чверть століття, нафти - на 40 років, а вугілля - на 175 років.

Таблиця 1. Ресурси органічного палива та урану, що можуть бути потенційно і доведено видобуті у світі (млрд т н. е.) [4]

Видобуток	Вугілля та лігніти	Нафта і конденсат	Природний газ	Уран	
				Цикл на повільних нейтронах	Цикл на швидких нейтронах
Доведений	700	130	100	40	2000
Потенційний	3200	190	210	160	8000

Таким чином, людство поставлене перед необхідністю шукати нові джерела добування енергії. Інша, не менш важлива причина полягає у тому, що більшість енергії нині одержується із джерел і за технологіями, які паралельно забруднюють навколишнє середовище. Як відомо, тільки карбондіоксиду, який сприяє глобальному потеплінню, викидається від 0,5 до 1,3 кг на 1 кВт · год електроенергії, що виробляється з вугілля, нафти і газу [5]. Спроби об'єктивно оцінити всю шкоду, завдану природі використанням викопного палива, у вартісних характеристиках, дають парадоксальні результати: у перерахунку на долари США на 1 ГДж енергії вона перевищує вартість навіть вихідного газу (\$ 5/ГДж), не кажучи вже про нафту (\$ 12,5/ГДж) і вугілля (\$14,5/ГДж) [6].

Які критерії, крім технічних, визначали готовність даної технології одержання енергії до впровадження? Насамперед її економічність, або вартість такої енергії. Коли країнам забракло власних запасів енергоносіїв і вони почали експортувати їх, важливим чинником стали політичні важелі. Наскільки вони є важливими, ми можемо оцінити, наприклад, із самої назви однієї з публікацій із тематики, що нас цікавить: «Геополітичні та економічні інтереси Росії у глобальному енергетичному просторі» [7]. Нарешті, концентрація промисловості і різке погіршення умов проживання населення внаслідок забруднення довкілля значно посилили вагомість екологічних факторів. Саме ці фактори є вирішальними для долі нових енергетичних технологій.

Розглянемо коротко основні позитивні і негативні риси традиційних технологій одержання енергії.

Гідроенергетика. Вважається найбільш «чистою» галуззю енергетики, оскільки у процесі роботи гідроелектростанцій не забруднюється довкілля. До того ж енергія гідроелектростанцій вважається однією із найдешевших. Це надзвичайно важливий компонент енергосистем, тому що він дозволяє завдяки переривчастому режиму роботи гідроелектростанцій, гасити пікові навантаження у енергосистемі. У той же час резерви екологічно доцільного потенціалу гідроенергії у провідних країнах вважаються практично вичерпаними. Яке насправді співвідношення резервів та їх використання? У 1998 р. гідроенергетичні ресурси світу оцінювалися у 40 тис. ТВт · год, з яких лише 14 тис. ТВт · год були технічно можливими для опанування, у т. ч. 9 тис. ТВт · год економічно доцільними для використання [8]. Україна не входить до 25 країн, що мають

сумарну потужність ГЕС понад 5 млн кВт. Визначена потужність її ГЕС та ГАЕС становить лише 4,7 млн кВт (8,5 % встановленої потужності). Це становить 50-60 % її гідроенергетичних ресурсів при тому, що у зарубіжних країнах цей показник дорівнює 60-80 % [9]. Резерви, звичайно, є, але сподіватися на суттєве збільшення вироблення енергії на ГЕС завдяки будівництву потужних агрегатів в Україні та в країнах, що розвиваються, не варто [10]. Не слід також забувати, що будівництво ГЕС завжди пов'язано із більшим чи меншим втручанням у навколишнє середовище і необхідністю використання значних обсягів металу, цементу тощо, виробництво яких також забруднює довкілля [5].

Атомна енергетика, на яку свого часу покладали великі надії, вже друге десятиліття не може вийти із кризового стану. Спробуємо коротко охарактеризувати як позитивні, так і негативні фактори, що впливають на нинішню ситуацію з АЕС. Після Чорнобильської катастрофи завдяки потужним зусиллям інженерів-атомщиків АЕС стали достатньо безпечними і надійними, що нині є «головною запорукою функціонування атомної енергетики» [11]. З другого боку, ретельне дотримання правил експлуатації дозволяє атомній енергетиці відповідати нормативним вимогам щодо охорони довкілля. Моніторинг свідчить, що у районах, прилеглих до АЕС, радіаційний фон не перевищує природних величин. За екологічними збитками урановий паливний цикл може бути прирівняний до циклу газових ЕС і суттєво нижчий за цикл на мазуті, а тим більше на вугіллі. АЕС не прив'язана до паливних джерел, тобто витрати на транспортування уранових паливних елементів не становлять суттєвої частки у загальній собівартості отриманої енергії.

Крім потенційної аварійності, у «чорному списку» атомної енергетики є й кілька інших «записів». Так, не вирішується практично питання утилізації радіоактивних відходів, нагромадження яких триває [12]. Енергоблоки, що працюють нині на АЕС, старіють, наближаються терміни виведення їх з експлуатації [13]. І хоча сьогодні у світовій практиці обґрунтовується подовження строку експлуатації енергоблоків першого покоління до 40 років, а другого покоління - до 50 років [11], ядерна енергетика втратила свою перевагу у прогностичних оцінках нових генеруючих потужностей у більшості країн, внесених до звіту Агентства з атомної енергії (ОЕСР) та Міжнародного енергетичного агентства (МЕА). Виробництво

електроенергії на АЕС вже не є абсолютно вигіднішим, як це було ще 10 років тому [13]. Дедалі більше посилюється рух за абсолютну відмову від АЕС. На політичному рівні такі рішення прийняті вже у Швеції та Німеччині [14]. Нарешті, навіть за найоптимістичнішими прогнозами при нинішній технології повільних нейтронів наявних запасів урану вистачить не більше ніж на 100 років [11].

Цим пояснюється стагнація у розвитку атомної енергетики в останнє десятиліття. Наприклад, потужність близько 430 ядерних енергоблоків, що експлуатуються у 30 країнах світу, становила 340,5 ГВт - у 1995 р., 351,9 ГВт - 1996 р., 357,4 ГВт - 1997 р., 359,4 ГВт - 1998 р., 354,3 ГВт - 1999 р. [2]. Лише у двох країнах частка електроенергії, яку отримують на АЕС, перевищує 75 % (Литва і Франція), ще у 10 країнах (Швеція, Україна, Словачія, Болгарія, Корея, Швейцарія, Словенія, Японія, Угорщина та Іспанія) ця частка перевищує 30 % [13].

Серед проектів, спрямованих на вирішення локальних проблем ядерної енергетики, слід відмітити пропозицію російських атомників щодо «боротьби» з радіоактивними відходами. Надзвичайна складність організації процесу, в якому за умови використання тільки промислових енергетичних агрегатів і замкненого паливного циклу досягалася б прийнятна безпека ядерних відходів, стала стимулом для розробки т. зв. реакторів-сміттярів. Останні призначені для переведення в менш активний стан актиноїдів і довгоіснуючих продуктів поділу [11, 15].

Інша проблема пов'язана з необхідністю демонтажу, дезактивації і утилізації відпрацьованих реакторів з відходами. Академік Є. П. Веліхов пропонує розпочати виробництво мобільних АЕС, які можна було б транспортувати водним шляхом від виробничого конвеєра (наприклад, Северодвинського комплексу з виготовлення атомних плавзасобів) до користувача. Після завершення терміну експлуатації така АЕС повертатиметься для утилізації [16].

Підвищення вимог до безпеки підприємств ядерно-паливного циклу при будівництві звичайних наземних АЕС призводить до значного подорожчання будівництва, а також електроенергії. Вихід може бути знайдений у будівництві підземних АЕС, де весь цикл поводження із паливом та відпрацьованим паливом, включаючи його депонування, проходить у підземних приміщеннях шахтного або тунельного типу. Двоваріантний проект такої підземної АЕС розроблено для Білгородської області Росії [17].

Якщо прогрес конструкторських розробок стосовно АЕС на повільних нейтронах із підвищеною безпекою очевидний (у Франції чотири таких реактори побудовано і два з них вже експлуатуються, ще два реактори ABWR експлуатуються в Японії, два добудовуються у Тайвані [13]), то програми будівництва реакторів на швидких нейтронах були практично ліквідовані, а єдиний працюючий реактор такого типу «Superphenix» у Франції зупинений. І це незважаючи на те, що на цьому реакторі була практично відпрацьована технологія з рідким металом як теплоносієм.

Теплова енергетика. Станції, в яких використовується органічне паливо (вугілля, мазут, природний газ), тобто теплові ЕС, є основою електроенергетики світу. У 1999 р. загальна потужність ТЕС у світі становила 2100 ГВт, тобто 66 % від потужності всіх електростанцій світу [2]. Нові розробки щодо підвищення економічності та безпеки ТЕС для довкілля спрямовані як на покращення технічних показників топок, застосування киплячого шару тощо, так і на використання комбінованого парогазового циклу, що дає можливість суттєво підвищити ККД. Використання газу дозволяє значно зменшити кількість небезпечних викидів у навколишнє середовище, однак обмеженість ресурсів газу та інші причини зумовлюють спалювання газу переважно у години пікових навантажень. Немоżliвість відмовитись від спалювання на ТЕС вугілля, яке є найбільшим забруднювачем довкілля, може бути компенсована застосуванням нових технологій газифікації вугілля. Широкому впровадженню останніх заважають високі капітальні витрати. Практика комбінованого використання різних типів палива застосовується і в Україні, наприклад на Трипільській ДРЕС, де частина агрегатів працюють на вугіллі, а частина - на мазуті [18]. Порівняти різні типи ТЕС як за їх ефективністю, так і за кількістю небезпечних викидів можна, розглянувши дані табл. 2.

Перша комерційна парогазова установка з прямоточним котлом-утилізатором стала до ладу у 2000 р. на ТЕС Agawam (США). Вона розрахована на спалювання зрідженого природного газу [19] і приблизно на 40 % економічніша за інші, має нижчі викиди CO_2 і концентрацію NO_x у газах лише 3,5 м. ч. завдяки денітрифікаційній станції.

У той час як головною тенденцією енергетики провідних країн світу є перехід на парогазові турбіни, що працюють на газі, поступове падіння частки вугілля стало головною проблемою для енергетиків. Як американські спеціалісти [20], так і німецькі [21] розуміють, що тривале

Таблиця 2. Економічні та екологічні показники ТЕС із різним типом агрегатів [2]

Показник	Паротурбінні блоки на кам'яному вугіллі із SP = 4 %			Парогазові установки	
	Спалювання вугільного пилу		Псевдо-зріджений шар	Природний газ	Газифікація вугілля
	без десульфуризації	із десульфуризацією			
ккд ТЕС, %	38,6	40,7	42,2	50,4	44,8
Ступінь сульфуровловлювання	0	95	95	0	99
Викиди SCX г/МВт · год	31 780	1590	1530	0	285
Викиди N0., г/МВт · год	2950	1600	190	265	230
Викиди C02, кг/МВт · год	870	845	815	395	745
Викиди золи, кг/МВт · год	255	45	41	0	<45
Витрати сорбенту, кг/МВт · год	0	83,5	140	—	—

забезпечення їх країн електроенергією має базуватися на використанні вугілля, запаси якого суттєво перевищують запаси природного газу. Міністерство енергетики СІЛА нині інтенсивно працює над спеціальною програмою «Технологія ХХІ сторіччя для ери ефективності», основні етапи якої можна прослідкувати на схемі, наведеній на рис. 2. Серед підпрограм, що заслуговують на увагу, слід відмітити малотоксичну систему спалювання, розраховану на комплексне використання різних технологій, включаючи й багатоетапне спалювання. Іншим підходом має бути розробка проекту за технологією непрямого спалювання із використанням керамічного теплообмінника. До 2015 р. планується розробити технологію використання вугілля із застосуванням турбіни та паливних елементів. Планується підвищення ККД до 60 %, зменшення викидів C02 на 47 %, а викидів S02 і NO_x - до величин у 10 разів менших за гранично допустимі у США нині.

Одним із перспективних методів підвищення ККД при перетворенні теплової енергії на електричну є застосування магнітогідродинамічних перетворювачів енергії. При цьому діють два фактори: значно підвищується температура робочого тіла (до 2500-2600 °С порівняно з 650 °С парових і 800 °С - газових турбін) і виключається участь у передачі енергії механічного руху з втратами на тертя. За розрахунками, це дозволяє на 20-35 % підвищити ККД у порівнянні із сучасними тепловими станціями [22]. До позитивів МГД можна також віднести досягнення високої одиничної потужності (до 1000-1200 МВт) і зменшення викидів токсичних речовин із димовими газами на 20-35 %. Однак при реалізації цієї ідеї виникло багато технічних труднощів, зокрема, відсутність матеріалів, які були б здатні витримати такі високі температури і агресивність середовища впродовж тривалого часу. Ті параметри, яких можна було досягти, уможливило лише використання МГД-установок імпульсного типу, апробованих на космічних кораблях і ракетній техніці.

Питання майбутнього енергетичного комплексу актуальні й для України, яка у 1999 р. виробила 43 ТВт · год електроенергії, маючи потужності ТЕС - 36 млн кВт, АЕС - 14 млн кВт, ГЕС - 5 млн кВт [2].

Таким чином, статус-кво, що склався останнім часом між основними постачальниками енергії, не може бути тривалим. Потреби в енергії зростають, передусім за рахунок країн, що розвиваються. Гідроенергетичні ресурси обмежені. Широко впроваджена атомна технологія має тепер погану репутацію і обмежені ресурси урану. Проблема «обмежених ресурсів» викопного органічного палива ще гостріша, тому що найбільш цінне енергетичне джерело - газ - має вичерпатись у першу чергу. З другого боку, використання органічного палива спричинює значні викиди у довкілля як C02 (небезпека глобального потепління), так і токсичних S02 і NO_x, а також пилу.

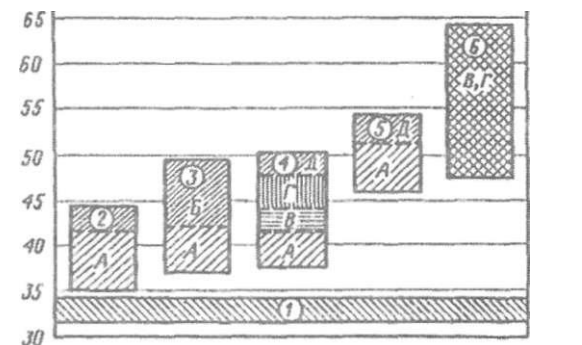


Рис 2. Діаграма можливого підвищення ККД поліпшених систем використання вугілля [20]:

1 - звичайні пилувугільні котли із сульфурочисткою; 2 - малотоксична система спалювання у котлах із киплячим шаром; 3 - спалювання у киплячому шарі під тиском; 4 - внутрішньоциклова газифікація; 5 - цикл із непрямым спалюванням; 6 - комбінація газифікації з паливними елементами; А - установки першого покоління; Б - карбонізатор і гаряча очистка від золених часток; В - гаряча очистка газів; Г - удосконалений газогенератор; Д - удосконалена турбіна

Навіть короткого огляду стану енергетики в Україні і світі достатньо для розуміння необхідності пошуку нових рішень, нових технологій. Дві головні причини є рушійними: вичерпання запасів викопного палива і швидке погіршення екологічної ситуації через викиди підприємствами енергетичної галузі величезної кількості забруднюючих речовин у довкілля.

З тих же причин триває інтенсивний пошук шляхів інтенсифікації та оздоровлення існуючих технологій.

Мова про безпеку атомних технологій і більш повне використання урану вже йшла. На черзі обговорити стан розробок щодо використання термоядерної енергії. Якщо резерви викопного урану обмежені, навіть при широкому застосуванні реакторів на швидких нейтронах, то резерви водню для синтезу гелію є фактично невичерпними. Головною проблемою здійснення термоядерного процесу є одержання і утримання високотемпературної плазми у кілька мільйонів градусів. Принцип використання для такого утримання магнітного поля був розроблений у 1968 р. в Інституті атомної енергії ім. І. В. Курчатова. Для практичного втілення ідеї на установках типу стелараторів чи, більш успішно, типу токамак вибрали реакцію ядерного синтезу гелію із дейтерію та тритію, яка потребує менших температур плазми. Генерація тритію у цьому випадку здійснювалась одночасно там же при дії нейтронів на літій [22]. У 90-х роках минулого сторіччя на кількох установках, збудованих у Росії, Німеччині, США, було здійснено успішне випробовування термоядерного процесу в імпульсному режимі. На весь комплекс будівництва і експлуатації установок термоядерного синтезу було витрачено близько \$ 30 млрд. Ще \$ 2 млрд було витрачено міжнародним консорціумом на проект дослідного Токамака, розрахованого вже на тривале утримання плазми. Будівництво цього реактора планується розпочати у 2003 р. у Франції, і орієнтовна вартість будівництва становить \$ 3 млрд. Подальші плани такі: ~ Ю років на будівництво, ~ 10 років на уточнення параметрів промислового термоядерного синтезу, ~ 10 років на проектування промислового Токамака і тільки після цього може початися будівництво термоядерних електростанцій [16]. Сказаного досить, аби зрозуміти, що реального внеску від термоядерного синтезу у загальний енергетичний баланс не слід очікувати у першій половині поточного сторіччя.

Перед тим як перейти до інших джерел одержання енергії, варто зупинитися на новітніх технологіях використання джерел традиційних. Мова піде про т. зв. *водневу* енергетику. Ключо-

вим моментом тут є теза, що тільки спалювання водню є абсолютно екологічно безпечним, оскільки при цьому нічого, крім води, не утворюється. Якби водень був так само доступний, як і природний газ, він би справді став ідеальним паливом, що не забруднює довкілля. Однак реальні промислові методи одержання водню базуються або на генеруванні його з інших органічних палив (природний газ метан, продукти нафтопереробки), або на електролізі води. Тобто *воднева* енергетика - це метод уникнення токсичних викидів безпосередньо у місці вивільнення енергії. Розвиток водневої енергетики стимулював роботи у галузі паливних елементів. Про увагу до паливних елементів свідчить той факт, що на 2003 р. у США заплановано капіталовкладення на впровадження паливних елементів в обсязі понад 1 млрд доларів [23]. Дві обставини привертають нашу увагу до паливних елементів.

Перша - пряме перетворення енергії окиснення гідрогену в електроенергію проходить із високим ККД, який досягає 57 %, а залишок виділяється у вигляді тепла і може бути утилізований шляхом спрямування гарячих газів на турбіну. Сумарні величини ККД, які можна одержати за такою комбінованою схемою (табл. 3), сягають значень, що практично є недосяжними для будь-якої іншої технології переробки органічного палива.

Друга - паливні елементи здатні так само, як і водень, утилізувати інші органічні речовини, наприклад, природний газ (метан), метанол, бензин тощо. Тобто зникає необхідність у проміжній стадії перетворення газу та інших вуглеводнів на водень, а високий ККД практично означає, що для одержання такої ж кількості електроенергії достатньо витратити майже вдвічі менше органічного палива, а це вже суттєвий стратегічний фактор. До того ж при роботі паливних елементів не утворюються окисли нітрогену, значно зменшуються викиди токсичних

Таблиця 3. Порівняння коефіцієнтів корисної дії різних технологій переробки палива [23]

Тип устаткування	ККД установок, % при потужності, МВт				
	0,1	1,0	10	100	500
Агрегати внутрішнього спалювання	28-36	29-37	34-40	--	--
Газові турбіни простого циклу	--	25-35	36-44	40-47	–
Парогазові турбіни (комбінований цикл)	--	--	--	48-57	54-64
Паливні елементи	42-53	47-58	48-64	53-67	–
Паливні елементи з газовою турбіною	–	63-67	67-74	72-78	76-82

продуктів неповного окиснення та сульфурвмісних речовин. Методи газифікації вугілля сьогодні технічно і технологічно добре опрацьовані, а це означає, що паливні елементи можливо включити і до ланцюгів виробництва електроенергії із твердого викопного палива.

Таким чином, широке впровадження паливних елементів дозволить не тільки знизити темпи витрачання запасів газу, нафти та вугілля, а й значно зменшити забруднення довкілля. Особливо актуальним нині є впровадження паливних елементів на транспорті, який перетворює наші міста на великі *газові камери*. Так, компанія Daimler Chrysler випустила електромобіль *Nesag 4* на базі *Mercedesa* класу А з паливними елементами на водні. Електромобіль розрахований на п'ять чоловік, максимальна швидкість його сягає 145 км/год, а викиди в атмосферу відсутні. Наприкінці 2002 р. ця компанія планує почати будівництво 30 міських автобусів на паливних елементах [24]. Темпи зростання капіталовкладень у цю важливу галузь гальмуються поки що високими питомими витратами при виготовленні та експлуатації паливних елементів.

Одною із проблем уранового ядерного циклу під впливом повільних, а тим більше швидких, нейтронів є ефективне відбирання тепла, необхідного, крім іншого, для усунення небезпеки некерованого продовження процесу. Атомна технологія також програє у порівнянні, наприклад, із гідроенергетикою, не дозволяючи оперативного регулювати відбирання енергії. Заслугує на увагу ряд проектів щодо комплексного використання атомної і водневої технологій. Пропозиції щодо використання тепла першого парового контуру для електролізу води і накопичення водню і кисню перед паливним елементом, як і пропозиція використання тепла у першому гелієвому циклі для конверсії метану і накопичення синтез-газу [25], виглядають малоперспективними. У той же час розвиток ідей із дійсно комплексною технологією, за якою процес конверсії проходить безпосередньо в активній зоні ядерного реактора, дозволяє сподіватись, що буде вирішене й питання максимально безпечного і ефективного керування процесом [26]. Хемоядерна установка «Ікар», як її назвали російські винахідники, дозволяє знизити до мінімуму тиск у робочій зоні реактора, що робить його вибухобезпечним, одночасно акумулюючи і зберігаючи енергію необмежено довго. Той же принцип може бути застосований, на думку авторів, і для проекту комбінованого термоядерного реактора.

Відновні джерела енергії. Незважаючи на існування проектів, дослідних установок, пер-

ших партій обладнання, які можуть суттєво зменшити потреби у використанні відновних джерел енергії, перспектива опинитися з порожніми підземними сховищами все-таки існує. Тому вчені і винахідники давно шукають можливості більш ефективно, ніж зараз, використовувати відновні джерела енергії. До відновних джерел енергії належать променева енергія, що надходить до нас від Сонця, та енергія, трансформована в енергію руху атмосферних мас і консолідована фотосинтезом в енергію органічних сполук. Сюди додамо гідроенергію, тобто енергію водних мас, переміщених через атмосферу, та енергію тепла мантії, що живиться ядерними реакціями в ядрі Землі.

Проблема активізації використання відновних джерел не є новою, однак сподівання, що лише розуміння необхідності її розв'язання буде рушійною силою для її швидкого вирішення, не виправдалося. Довелось звертатися до громадських організацій, політичних партій (наприклад Партії зелених) та об'єднувати зусилля урядів і неурядових організацій багатьох країн. Так, у 1997 р. комісія Євросоюзу ухвалила стратегічний документ, що має назву *White Paper*, де заплановано збільшення частки енергії, яка виробляється з відновних джерел, від 6 % до 12 % у 2010 р. [27]. У 1998 р. країни ЄС підтримали *White Paper*, однак не поставили конкретні цілі для своїх країн. Парламент ЄС знову пішов у наступ і підняв планку завдань 2001 р. до 15 %, мабуть, для того, щоб домогтись конкретних рішень. Зауважимо, що сьогодні лівова частка використаних відновних джерел припадає на гідроенергію. Статистика свідчить [2], що загалом у світі в 1999 р. із відновних джерел (без врахування гідроенергії) вироблялась електроенергія на устаткуванні потужністю 33,1 МВт, що становить лише 1,02 % світової потужності. Резерви для збільшення потужності ГЕС практично вичерпані, тож і виходить, що зростання має здійснюватись шляхом шалених темпів розвитку інших видів відновної енергії. Йдеться про енергію сонячного випромінювання, енергію вітру і енергію, яка може бути отримана з біомаси (на опалення та електроенергію). У 2000 р. плани щодо збільшення внесків відновних джерел знову були скориговані, цього разу вони були підвищені до 22 % [28]. Процес прийняття рішень комісією ЄС проходить під тиском недержавних організацій. Розглянемо окремо деякі види відновної енергії, на швидке і потужне використання яких покладається така надія.

Сонячна енергія. Є первинним джерелом енергії, і, звичайно, якби людство навчилось її ефективно перетворювати безпосередньо в елек-

троенергію або концентрувати і зберігати іншим чином, то всі проблеми були б вирішені. Теплова складова сонячного випромінювання легко може бути використана лише для опалення [29]. Невеликі будинки обладнуються сонячними колекторами на даху, і у південних районах це може повністю забезпечити потреби у теплі, у північних районах - частково. Використовуючи теплові насоси [30], можна одержати й електроенергію, однак треба зауважити, що утилізація сонячної теплової енергії пов'язана з великими капітальними витратами (тобто така енергія відносно дорога) і здатна забезпечити лише малу частину енергетичних потреб.

Використання фотоелектричних пристроїв дозволяє прямо одержувати електроенергію і, здавалося б, є ідеальною технологією енергозабезпечення. Однак при практичному втіленні методу виникає низка проблем, найважливішими з яких є ККД перетворення енергії і вартість потрібного обладнання (фотоелементів тощо). Величини ККД дешевих фотоелементів не перевищують 10 % [5], а фотоелементи, що розроблені останніми роками і мають ефективність до 40-55 %, значно дорожчі. У тих випадках, коли економічні показники не відіграють головної ролі, фотоелементи можуть бути зручними пристроями для забезпечення електроенергією, наприклад у космосі, однак найближчі 10 років навряд чи фотоелементи стануть конкурентами традиційним джерелам енергії. Щодо сонячної енергетики, то її характеризує неспроможність забезпечити безперервний процес одержання енергії, а використання будь-яких акумулюючих установок ще здорожує одержувану таким чином енергію [31].

Вітроенергетика. Людство використовує енергію вітру вже близько трьох тисяч років. Відомо, що голландці відкачували воду з відвоєваних у моря територій саме завдяки роботі сотень вітряків. Вітер є стихією потужною і практично всюдисущою. Якщо енергія «з вітру» не стала основним джерелом забезпечення, то у цьому «винні» її вади. Енергетичний потенціал вітру пропорційний кубу його швидкості, а території, де середня швидкість вітру значна, тобто 5 м/с і вища, які забезпечують економічність роботи вітроустановок, часто віддалені від місць споживання енергії. Найбільшу енергію мають ураганні вітри, однак ця енергія не може бути утилізована, до того ж урагани є першими руйнівниками вітроустановок. За оцінками Pacific Northwest Laboratory (США), площа, де середня швидкість вітру на висоті 8-10 м перевищує 5,1 м/с, становить 25 % поверхні Землі. Але не всюди її можна використати, і, якщо врахувати економічні, технічні, екологічні

тощо обмеження, до 2020 р. можна було б побудувати вітроелектростанції загальною потужністю у 450 млн кВт, які могли б щороку виробляти 900 млрд кВт · год електроенергії. Це становило б 3,5 % усієї електроенергії, що за прогнозами буде вироблена [32]. Одним із факторів, що обмежує масштаби використання енергії вітру, є неможливість будувати одиничні агрегати великої потужності через недостатню міцність лопаток. Доводиться будувати комплекси, що складаються із багатьох вітроустановок, об'єднаних у систему. Другою проблемою є переривистий графік роботи таких ВЕС, який вимагає акумулювання енергії для зручності користування.

Технічний прогрес (нові матеріали, електрогенератори, системи передачі обертового моменту, аеродинаміка лопаток) дозволили за останні два десятиліття на 80 % знизити собівартість електроенергії, що її одержують з ВЕС. Великі ВЕС потужністю 50 МВт і вище, розміщені на місцях, де середня швидкість вітру досягає 9 м/с, здатні виробляти електроенергію за ціною 3 або менше 1 цента за 1 кВт · год. У той же час собівартість електроенергії малих ВЕС (потужність до 3 МВт), що розміщені у районах із швидкістю вітру 7 м/с, може становити до 8 центів за 1 кВт · год [33]. Зауважимо, що у США собівартість електроенергії на АЕС менша як 2 центи за 1 кВт · год. Тобто економічність ВЕС значно більше залежить від місця розташування і проекту, ніж АЕС і ТЕС. І друге: за умов економічного програшу ВЕС у конкуренції з АЕС і ТЕС частка ВЕС залежатиме від політичної та економічної допомоги держави. Розглянемо, які позиції завоювала вітрова енергетика у різних країнах.

США ще у 1995 р., маючи у Каліфорнії три найбільші у світі ВЕС, володіли 40 % усієї світової потужності вітроагрегатів [32]. За наступні 5 років потужності у США зросли у півтора рази, однак частка у світовій електроенергетиці зменшилась до 15 % [34]. Енергетична політика США була розрахована на будівництво потужних ВЕС переважно на найбільш придатних територіях, наприклад в Каліфорнії (1600 МВт із загальних 1770 МВт). Саме там експлуатуються найпотужніші у світі ВЕС - «Алтамонт Пасе» (близько 1500 МВт), а також «Текса чапи Пасе» і «Сан Джорджоніо Пасе». Нині Міністерством енергетики США здійснюється програма, спрямована не тільки на підвищення технічного рівня ВЕС із кращими аеродинамічними та вартісними характеристиками, а й розширення географії розміщення ВЕС. Як приклад можна навести введення в експлуатацію на ВЕС «Біг Спрінгс» (Техас) у 1999 р. чотирьох

найпотужніших у США вітроагрегатів одиначної потужності 1650 кВт, в результаті чого загальна потужність цієї ВЕС збільшилась понад 34 МВт. Діаметр ротора цієї турбіни сягає 66 м, відмітка верхньої точки становить 113 м, а діапазон робочих швидкостей становить від 4 до 25 м/с [35]. Собівартість виробництва електроенергії у США досягла 3-6 центів за 1 кВт · год [36]. В цю величину входить термін експлуатації обладнання, але не входить федеральний податковий кредит. Нижня межа вартості стосується лише потужних ВЕС, що працюють при середніх швидкостях вітру > 9 м/с. Сьогодні уряд США підтримує виробників електроенергії за допомогою ВЕС, надаючи їм перші 10 років експлуатації податковий кредит у 1,5 цента за 1 кВт · год. Для того щоб заохотити потенційних покупців малих ВЕС у Каліфорнії, їм надається знижка, яка сягає 50 %.

У 2001 р. на перше місце у світі за сумарною потужністю ВЕС із 6113 МВт вийшла Німеччина. Лідером її вітроенергетики останніми роками є фірма Enercon, яка у 2000 р. виробила 27,4 % усього обсягу продукції вітроенергетики країни [34]. Майже 200 вітроагрегатів Е-40 потужністю 500-600 МВт Enercon продала того року Іспанії та Італії. Спостерігалась загальна тенденція до збільшення потужності одиничних агрегатів, яка досягла 1150 кВт, а німецька фірма De Wind вже підготувала до виробництва конструкцію ВЕС потужністю 2 МВт і планує довести потужність вітроагрегатів до 3-5 МВт. Загалом у Німеччині до виробництва комерційних вітроустановок залучено 20 фірм, а вітроенергетикою займаються 10 інститутів та організацій [32].

Значний прогрес у будівництві ВЕС спостерігається в усіх європейських країнах, особливо в Іспанії, яка за потужністю встановлених ВЕС майже досягла рівня США, Данії тощо. Остання планує до 2005 р. знизити викиди в атмосферу СО₂ за рахунок введення нових ВЕС на 20 % [32]. Для Данії розвиток вітроенергетики пов'язаний із традиціями, тому тут велика увага приділяється поширенню ВЕС у сільській місцевості [37]. Але масштабність данської вітроенергетики найкраще може бути проілюстрована введенням у експлуатацію у травні 2001 р. Міддельгруденської ВЕС [38]. За межами гавані Копенгагена на відстані 3 км від берега на глибині 2,5-5,0 м на відстані один від одного 182 м (рис. 2) встановлено 20 вітроагрегатів фірми Bonus потужністю кожний 2 МВт. Висота мачотчини дорівнює 64 м, діаметр ротора - 76 м. Загальна вартість проекту сягала майже 50 млн євро, встановлена потужність - 89 МВт · год/рік,



Рис. 2. Міддельгруденська ВЕС: 20 вітроагрегатів перед гаванню Копенгагена [38]

вартість електроенергії - 0,053 євро/кВт · год. ВЕС виробляє 3 % електроенергії, необхідної для столиці Данії. У цій країні заплановано за найближчі 7 років побудувати ще 5 офшорних станцій ще більшої потужності - по 150 МВт кожна. До 2030 р. планується, що 50 % електроенергії Данія буде отримувати з моря.

Перша ВЕУ потужністю 250 кВт за допомогою Німеччини була побудована і у Білорусі, поблизу Мінська [39].

У 2000 р. загальна потужність усіх вітроустановок України становила лише 30 МВт, тобто у 8 разів менше, ніж у Швеції. Відставання України є передусім технологічне: тут виробляються лише 100-кіловатні ВЕУ USW56-100, та й характер розміщення агрегатів у тих ВЕС, які вже збудовані, не є оптимальним [40]. Якщо ж врахувати, що за головним показником ефективності умов експлуатації ВЕС - швидкістю вітру - Україну аж ніяк не можна віднести до перспективних територій, існуюча практика відтворення технічних рішень позавчорашнього дня є просто вбивчою для вітроенергетики країни.

Нестійкий у часі графік роботи ВЕС і сонячних батарей може бути взаємно компенсований завдяки комплексному використанню цих двох джерел. Так, на Гаваях працює комбінована система, що включає установку для одержання фотоелектричної енергії потужністю 175 кВт і 6 вітроагрегатів загальною потужністю 50 кВт. Експлуатація такого комплексу показала, що енергії вистачає, щоб забезпечити роботу насосів для тваринницької ферми площею 225 тис. акрів [41].

Геотермальна енергія давно і успішно використовується переважно в тих країнах, де магми близько підходять до поверхні Землі. У Новій Зеландії, Ісландії, Італії та США тепло високотемпературних (перегрітих) термальних вод успішно використовується для одержання електроенергії, а низькотемпературні підземні води застосовуються у різних країнах для

опалення житлових будинків, вирощування овочів тощо. Так, у м. Рейк'явіку потужність опалювальної системи, яка працює на геотермальних водах, становить 350 МВт. Є і в Україні площі (Західний Крим, Закарпаття), де на глибинах 4 км температура піднімається до 200 °С [42]. Автор посилається на розрахунки, виконані Інститутом «Атомтепло-електропроект», за якими геотермальна електростанція поблизу с. Залуж здатна дати найдешевшу електроенергію. При цьому загальна обмеженість доступних геотермальних ресурсів навіть оптимістам не дає можливості високо оцінювати потенціал підземного тепла.

Значно реальніше використання енергоресурсів, запасених в результаті фотосинтезу у вигляді рослинної біомаси. Власне, людство саме з використання такої енергії і почало розвиватися. І тепер у країнах, що розвиваються, частка використання енергії спалювання деревини дуже висока. За літературними даними [43], навіть у таких країнах, як Данія, Франція, Швейцарія й Іспанія, для одержання енергії використовується відповідно 61 %, 56 %, 56 % і 44 % всієї деревини, що вивозиться з лісу. Проблема тут полягає у тому, що застарілі методи спалювання деревини і деревинних відходів у 2-3 рази менш ефективні, ніж спеціально розроблені сучасні котлоагрегати, а це - суттєвий резерв енергозабезпечення.

Більш перспективними є технології переробки біомаси. Як відомо [44], піроліз біомаси, наприклад, торфу, вугілля, рослинної сировини, дозволяє перетворити на рідке чи газоподібне паливо до 80 % вихідної сировини. Якщо застосовуватиметься технологія інтенсивного вирощування рослинної сировини, то, за прогнозами експертів, для цього потрібно буде лише 5 % земель, що обробляються. Нині достатньо широко застосовується технологія анаеробної переробки біомаси з одержанням метану та штучного гною, який може бути використаний як добриво. Однак такий тип технології придатний лише для маломасштабної переробки відходів.

Теоретично можливо використовувати енергію припливів, і технічних проблем тут немає. Однак масштабні проекти такого плану пов'язані з великими капітальними витратами і імпульсним характером одержання великої кількості електроенергії у віддалених від споживача районах.

Можливе навіть використання енергії хвиль. Велика Британія асигнувала 1,67 млн фунтів для створення плавучої станції, яка зможе за-

безпечити електроенергією 1400 житлових будинків [45].

Marine Current Turbines LTD розробляє проект, пов'язаний із встановленням у океані на шляху потужних течій труб із роторами діаметром 15 м. Кожний такий елемент може отримати 1 МВт енергії [46]. У перспективі ймовірно до 2010 р. сконструювати систему потужністю 500 МВт.

Сучасна енергетика стоїть перед вибором. Перед вибором стратегії подальшого розвитку. Дестабілізацією загрожують і виснаження невідновних запасів, і погіршення умов на Землі внаслідок забруднення природного середовища, якщо будуть збережені існуючі енергетичні технології. Будь-які кардинальні зміни енергетичної політики вимагають величезних інвестицій, тому прогноз розвитку в енергетичній галузі має першочергове значення. Сьогодні вже написано багато праць, присвячених оцінці характеру розвитку енергетичної галузі, авторами яких є найвизначніші спеціалісти у цій галузі [4, 5, 10, 11, 44, 47, 48, 49]. Правильному прогнозуванню перешкоджають труднощі, пов'язані з кількісною оцінкою шкоди від забруднення природного середовища [4, 5, 10, 47]. Якщо відволіктись від політичних оцінок, особливо від екологічної маніловщини, слід визнати, що реальний внесок від впровадження технологій використання відновних джерел енергії, навіть за найоптимістичнішими прогнозами, не може перевищити 20 %. Серед найбільш перспективних джерел енергії насамперед слід назвати енергію вітру. Дійсно, прогрес у будівництві ВЕС вражаючий. У той же час, як бачимо, в усіх країнах, де такий прогрес спостерігається, наявна державна підтримка, і передовсім фінансова. До того ж усі потужні вітроустановки збудовані виключно на територіях з високими швидкостями вітру (яких в Україні обмаль). І, нарешті, всі такі ВЕС приєднані до потужних енергосистем, спроможних демпфувати переривчастість їх роботи. Четверте, «екологічність» ВЕС є річ відносна. Із сотнями стометрових вітряків ще можна змиритися на голих схилах Каліфорнійських гір або далеко у морі на мілководді (!!!), але щомomentно чути і бачити їх над головою приречені хіба що голландці і датчани.

Якщо використання відновних джерел енергії сьогодні може лише пом'якшити кризову ситуацію в енергетиці, то на які невідновні джерела можна сподіватися? Хай би як це дратувало зелених, але альтернативи на найближчі два десятиріччя атомній енергетиці і не бачу. Або нерозумне вичерпання запасів

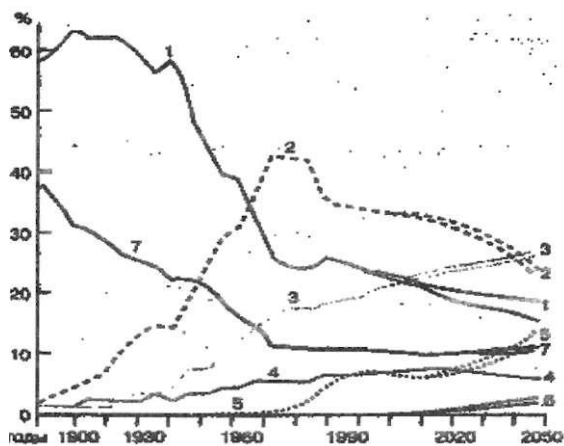


Рис. 3. Співвідношення різних видів паливно-енергетичних ресурсів, які використовуються у світі [48]:

1 - вугілля; 2 - нафта; 3 - газ; 4 - гідроенергія; 5 - ядерна енергія; 6 - нові відновні енергоресурси; 7 - біомаса

1. Энергетика зарубежом.-2000.-№2-С. 3.
2. Воробьев И. Е., Фоменко А. Л. Электроэнергетика мира в 1999 г. // Энергетика и электрификация.- 2001.- № 6.- С. 41-47.
3. Перспективы мировой энергетики // Энергетика за рубежом.- 2000.- Спец. вып.- С. 5.
4. Велихов Е. П. Энергетика XXI века и Россия // Энергия.- 1999.- № 12.- С. 2-9.
5. Рогнер Ханс-Хольгер, Хан Аршад. Сравнение источников энергии // Энергия.- 1999 - № 3 - С. 8-14.
6. Энергия: экономика, техника, экология.- 2000.- № 9.- С. 28.
7. Телегина Е. А. Геополитические и экономические интересы России в глобальном энергетическом пространстве // Энергия: экономика, техника, экология.- 2001.- № 1.-С. 11-15.
8. Вольфберг Д. Б. Современное состояние и перспективы развития энергетики мира// Теплоэнергетика-1999.-№ 8 - С. 5-9.
9. Воробьев И. Е., Фоменко А. Л. Электроэнергетика мира в 1999 г. // Энергетика и электрификация.- 2001- № 6-С. 41-47.
10. Козерчук Е. Выгодно ли потреблять дешевую энергию? // Энергия.-2000.-№ 11.-С. 24-28.
11. Адамов Е. О., Рачков В. И. Время стратегических решений // Энергия.-2001.-№ 1.-С. 2-10.
12. Ларин И. И. Реактор-«мусорщик» и проблемы атомной энергетики // Энергия, экология - 1998.- № 12.- С. 16-19.
13. Преображенская Л. Б. Мировая ядерная энергетика. Год 1998 // Энергия: экономика, техника, экология.- 2000.- № 10.- С. 8-16.
14. Перминов З. М., Перфилов О. Л. Атомная энергетика // Энергетика за рубежом.- 2000.- Спец. вып.- С. 34-37.
15. Ларин И. И. Реактор-«мусорщик» и проблемы атомной энергетики // Энергия, экология.- 1998.- № 12.- С. 16-20.
16. Велихов Е. П. Ядерная и термоядерная энергетика в XXI веке // Энергия: экономика, техника, экология.- 2001.- № 10.-С. 10-12.
17. Котенко Е. А., Морозов В. Н., Петров З. Л. и др. Вновь о подземных АЭС // Энергия: экономика, техника, экология.- 2000.- № 5.-С. 11-18.
18. Ісаєв С. Д., Тітов І. Л. Теплова електростанція і довкілля // Наукові записки НАУКМА. Біологія та екологія.- 1999.- Т. 10.- С. 38-43.
19. Вихрев Ю. В. Первая коммерческая парогазовая установка с прямоточным котлом-утилизатором // Энергетика за рубежом.- 2000.- Спец. вып.-С. 31-33.
20. Котлер В. Р. Перспективные разработки использования угля в энергетике США// Там само.- С. 47-53.
21. Вихрев Ю. В., Рзаев А. И. Угольные ТЭС будущего // Там же.-С. 18-22.

урану за умови обмеження енергетики на повільних нейтронах, або розумний перехід на швидкі нейтрони. Якщо ця стратегія буде супроводжуватись активним застосуванням реакторів-сміттярів, це дозволить звести до мінімуму кількість небезпечних радіоактивних відходів та ізолювати їх від довкілля. Цей висновок найкраще проілюстрований прогностичним графіком, наведеним у статті Н. і. Воропая [48] (рис. 3).

Зауважимо, що, крім того, прогнозується подальше збільшення використання природного газу при загрозі швидкого вичерпання його запасів. Однак всіх інших переваг у газу перед іншими джерелами енергії (у тому числі й екологічних) стільки, що людство навряд чи свідомо відсуне від себе таріль із цією ісмачною і корисною енергетичною їжею!

22. Ongena J., Van Oost G., Mertens Ph., Weinheimer J. Controlled Thermonuclear Fusion. A true challenge for an immense reward // Trilateral Euregio Cluster (TEC).™ 2001.- 20 p,
23. Алексеев Б. А. Топливные элементы в энергетике // Энергетика за рубежом.-2000.-№ 1.-С. 41-51.
24. Левчук Н. А. Электромобили на топливных элементах // Энергия.- 2000.- № 2.- С. 35-39.
25. Аристов Ю. И., Прокопьев С. И., Танащев Ю. Ю., Гордеева Л. Г., Парамон В. Н. Хемотермические процессы в ядерной энергетике будущего: миф или реальность? Ч. 1. «Адам-Ева» // Энергия.- 1999.- № 1.- С. 9-13.
26. Аристов Ю. И., Прокопьев С. И., Танащев Ю. Ю., Гордеева Л. Г., Парамон В. Н. Хемотермические процессы в ядерной энергетике будущего: миф или реальность? Ч. 2. «Икар» // Энергия.- 1999.- № 2.- С. 17-23..
27. Ольсен Г. Б. Чи зможе ЄС вдвічі збільшити виробництво поновлюваної енергії? // Зелена енергетика.- 2001.- № 1-О 4-5.
28. Ольсен Г. Б. Нові директиви Євросоюзу щодо поновлюваної енергії// Зелена енергетика.- 2001.- № 4.- С. 4.
29. Ольсен Г. Б. Екосело: використання поновлюваної енергії та захист довкілля // Зелена енергетика.- 2001.- № 2 - С. 12-13.
30. Попель О. С. Тепловые насосы - эффективный путь энергосбережения // Энергия.- 1999.- № 12.- С. 22-24.
31. Електроенергія від сонця, або як працюють фотоелектричні батареї// Зелена енергетика.- 2001.- № 2.- С. 18-20.
32. Перминов З. М., Перфилов О. Л. Состояние и перспективы развития зарубежной ветроэнергетики // Энергетика за рубежом.- 2000.- № 3.- С. 36-46.
33. Політика США щодо поновлюваних джерел енергії // Зелена енергетика-2001-№ 2.-С. 7.
34. Харитонов В. П. Особенности развития мировой ветроэнергетики // Электросбережение.- 2001.- № 3 - С. 50-52.
35. Вихрев Ю. В. Нетрадиционная энергетика. Крупнейшие в США ветроэнергетические установки // Энергетика за рубежом.- 2000.- № 2.- С. 53-55.
36. Політика США щодо поновлюваних джерел енергії / Зелена енергетика.-2001.-№ 2.-С. 7.
37. Ларин В. Ветроэнергетика Даний - прорыв в будущее уже произошел // Энергия.- 2000.- № 2.- С. 15-21.
38. Шмідт Г., Конеченков А. Міддельгруденська ВЕС - грандіозний всесвітній проект // Зелена енергетика- 2001- № 4.- С. 5-7.
39. Широков Є. Білорусь тепер має свою вітроенергетичну установку// Зелена енергетика.- 2001.- № 2.-С. 6.
40. Конеченков А., Матвеев Ю. Вітроенергетика України. Факти і коментарі // Зелена енергетика- 2001- № 3 - С. 4-7.

41. Найбільша в світі система комбінованого використання фотоелементів та енергії вітру - на Гавах // Зелена енергетика.- 2001.- № 2,- С. 7.
42. Щербина О. Геотермальна енергія і її використання // Зелена енергетика.- 2001.- № 4.- С. 14-16.
43. Гелетука Г., Тишаєв С. Повернення до енергоресурсів лісу // Зелена енергетика - 2001.- № 2.- С. 10-11.
44. Стребков Д. С. Энергетические технологии для третьего тысячелетия // Энергия.- 2000 - № 3 - С. 25-28.
45. Будується перша у світі плавуча електростанція // Зелена енергетика - 2001 - № 4,- С. 7.
46. Невичерпна енергія моря // Зелена енергетика,- 2001- № 3.- С. 11.
47. Кокеев М. Е., Корякин Ю. И. Климат, политика и энерготехнологии // Энергия.- 1999.- № 1.- С. 3-8.
48. Ворожай Н. И. Глобальне тенденції в енергетиці на рубежі століть // Энергия,- 2000.- № 12,- С. 28-31.
49. Беляев Л. С., Марченко О. В., Филиппов С. П. Энергетика мира как фактор устойчивого развития // Энергия, экономика, экология,- 2001.- № 11.- С. 2-11.

S. D. Isayev

PROBLEMS OF ECOLOGICAL ENERGETIC: THE NEW TECHNOLOGIES

Such characteristics of existing technologies of energy production as its balance, the exhaustion of its sources, the danger of environmental pollution.

The perspectives of processes refinement and potential of using new methods of the Ukraine energy maintenance are considered balanced

Abilities of renewable energy sources utilizing are analysed and the balanced energetic evolution on imminent decades is forecasted.